



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 101 57 671 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:

**F 25 D 9/00**

H 01 L 23/427

H 05 K 7/20

⑯ Aktenzeichen: 101 57 671.4  
⑯ Anmeldetag: 24. 11. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 5. 6. 2003

⑯ Anmelder:

Merck Patent GmbH, 64293 Darmstadt, DE

⑯ Erfinder:

Neuschütz, Mark, Dr., 64285 Darmstadt, DE;  
Glausch, Ralf, Dr., 64367 Mühlthal, DE; Lotz,  
Natascha, 64390 Erzhausen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Optimierter Einsatz von PCM in Kühlvorrichtungen  
⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft den Einsatz von Phasenwechselmaterialien in Vorrichtungen zur Kühlung insbesondere von elektrischen und elektronischen Bauteilen.

DE 101 57 671 A 1

---ST AVAILABLE COPIES

BUNDESDRUCKEREI 04.03 103 230/454/1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft den Einsatz von Phasenwechselmaterialien in Kühlvorrichtungen.

[0002] In technischen Prozessen müssen oft Wärmespitzen oder -defizite vermieden werden, d. h. es muss thermostatisiert werden. Üblicherweise werden dazu Wärmeaustauscher verwendet. Sie können im einfachsten Fall nur aus einem Wärmeleitblech bestehen, das die Wärme abführt und an die Umgebungsluft abgibt, oder auch Wärmeübertragungsmittel enthalten, die die Wärme zunächst von einem Ort oder Medium zu einem anderen transportieren.

[0003] Stand der Technik (Abb. 1) zur Kühlung elektronischer Bauteile wie z. B. Mikroprozessoren (central processing unit = CPU) (2) sind Kühler aus extrudiertem Aluminium, die die Wärme vom elektronischen Bauelement, welches auf einem Träger (3) aufgebracht ist, aufnehmen und über Kühlrippen (1) an die Umgebung abgeben. In der Regel wird die Konvektion an den Kühlrippen durch Lüfter unterstützt.

[0004] Diese Art von Kühlern muss immer für den ungünstigsten Fall hoher Außentemperaturen und Vollast des Bauelementes ausgelegt werden, um eine Überhitzung zu verhindern, die die Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Bauteils verringern würde. Die maximale Arbeitstemperatur liegt bei CPUs je nach Bauart zwischen 60 und 90°C.

[0005] Im Rahmen der immer schnelleren Taktung von CPUs steigt deren Wärmeabgabe mit jeder neuen Generation sprunghaft an. Während bisher Spitzenleistungen von maximal 30 Watt abgeführt werden mussten, ist in den nächsten 8 bis 12 Monaten mit erforderlichen Kühlleistungen von bis zu 90 Watt zu rechnen. Diese Leistungen können nicht mehr mit den konventionellen Kühlsystemen abgeführt werden.

[0006] Für extreme Umgebungsbedingungen wie sie z. B. in ferngelenkten Raketenwaffen auftreten sind Kühler, welche die Abwärme von elektronischen Bauteilen in Phasenwechselmaterialien z. B. in Form von Schmelzwärme aufnehmen, beschrieben worden (US 4673030 A, EP 116503 A, US 4446916 A). Diese PCM-Kühler dienen dem kurzfristigen Ersatz einer Abfuhr der Energie an die Umgebung und können (und müssen) nicht mehrfach verwendet werden.

[0007] Als Speichermedien bekannt sind z. B. Wasser oder Steine/Beton um fühlbare ("sensible") Wärme zu speichern oder Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials, PCM) wie Salze, Salzhydrate oder deren Gemische oder organische Verbindungen (z. B. Paraffin) um Wärme in Form von Schmelzwärme ("latenter" Wärme) zu speichern.

[0008] Es ist bekannt, dass beim Schmelzen einer Substanz, d. h. beim Übergang von der festen in die flüssige Phase, Wärme verbraucht, d. h. aufgenommen wird, die, solange der flüssige Zustand bestehen bleibt, latent gespeichert wird, und dass diese latente Wärme beim Erstarren, d. h. beim Übergang von der flüssigen in die feste Phase, wieder frei wird.

[0009] Grundsätzlich ist für das Laden eines Wärmespeichers eine höhere Temperatur erforderlich als beim Entladen erhalten werden kann, da für den Transport bzw. Fluss von Wärme eine Temperaturdifferenz erforderlich ist. Die Qualität der Wärme ist dabei von der Temperatur, bei der sie wieder zur Verfügung steht, abhängig: Je höher die Temperatur ist, desto besser kann die Wärme abgeführt werden. Aus diesem Grund ist es erstrebenswert, dass das Temperaturniveau bei der Speicherung so wenig wie möglich absinkt.

[0010] Bei sensibler Wärmespeicherung (z. B. durch Erhitzen von Wasser) ist mit dem Eintrag von Wärme eine stetige Erhitzung des Speichermaterials verbunden (und umgekehrt beim Entladen), während latente Wärme nur bei der Phasenübergangstemperatur des PCM gespeichert und entladen wird. Latente Wärmespeicherung hat daher gegenüber sensibler Wärmespeicherung den Vorteil, dass sich der Temperaturverlust auf den Verlust beim Wärmetransport vom und zum Speicher beschränkt.

[0011] Bislang werden als Speichermedium in Latentwärmespeichern üblicherweise Substanzen eingesetzt, die im für die Anwendung wesentlichen Temperaturbereich einen fest-flüssig-Phasenübergang aufweisen, d. h. Substanzen, die bei der Anwendung schmelzen.

[0012] So ist aus der Literatur die Verwendung von Paraffinen als Speichermedium in Latentwärmespeichern bekannt. In der Internationalen Patentanmeldung WO 93/15625 werden Schuhsohlen beschrieben, in denen PCM-haltige Mikrokapseln enthalten sind. In der Anmeldung WO 93/24241 sind Gewebe beschrieben, die mit einem Coating, das derartige Mikrokapseln und Bindemittel enthält, beschichtet sind. Vorzugsweise werden hier als PCM paraffinische Kohlenwasserstoffe mit 13 bis 28 Kohlenstoffatomen eingesetzt. In dem Europäischen Patent EP-B-306 202 sind Fasern mit Wärmespeichereigenschaften beschrieben, wobei das Speichermedium ein paraffinischer Kohlenwasserstoff oder ein kristalliner Kunststoff ist und das Speichermaterial in Form von Mikrokapseln in das Fasergrundmaterial integriert ist. In dem US-Patent US 5 728 316 werden Salzgemische auf Basis von Magnesium- und Lithiumnitrat zur Speicherung und Nutzung von Wärmeenergie empfohlen. Die Wärmespeicherung erfolgt dabei in der Schmelze oberhalb der Schmelztemperatur von 75°C.

[0013] Bei den genannten Speichermedien in Latentwärmespeichern erfolgt während der Anwendung ein Übergang in den flüssigen Zustand. Damit sind Probleme beim technischen Einsatz der Speichermedien in Latentwärmespeichern verbunden, da grundsätzlich eine Versiegelung oder Verkapselung erfolgen muss, die einen Flüssigkeitsaustritt, der zu Substanzerlust bzw. Verunreinigung der Umgebung führt, verhindert. Dies erfordert gerade beim Einsatz in oder auf flexiblen Gebilden, wie beispielsweise Fasern, Geweben oder Schäumen in der Regel eine Mikroverkapselung der Wärmespeichermaterialien.

[0014] Darüber hinaus steigt der Dampfdruck vieler potentiell geeigneter Verbindungen beim Schmelzen stark an, so dass die Flüchtigkeit der Schmelzen einer Langzeitanwendung der Speichermaterialien oft entgegenstellt. Beim technischen Einsatz von schmelzenden PCM entstehen häufig Probleme durch starke Volumenveränderungen beim Aufschmelzen vieler Substanzen.

[0015] Daher wird ein neues Gebiet der Phasenwechselmaterialien mit einem besonderen Fokus versehen. Es geht hierbei um fest/fest Phasenwechselmaterialien. Da diese Substanzen während der gesamten Anwendung fest bleiben, entfällt das Erfordernis der Verkapselung. Ein Verlust des Speichermediums oder eine Verunreinigung der Umgebung durch die Schmelze des Speichermediums in Latentwärmespeichern kann so ausgeschlossen werden. Diese Gruppe der Phasenwechselmaterialien erschließt viele neue Anwendungsgebiete.

[0016] US 5831831 A, JP 10135381 A und SU 570131 A beschreiben den Einsatz einander ähnlicher PCM-Kühler im nicht-militärischen Einsatz. Gemeinsam ist den Erfindungen der Verzicht auf konventionelle Kühler (z. B. mit Kühlrip-

pen und Lüfter).

[0017] Die oben beschriebenen PCM-Kühler sind nicht geeignet, die Spitzenleistung von Bauelementen mit unregelmäßigem Leistungsprofil abzufangen, da sie keine optimierte Entladung des PCM gewährleisten bzw. auch die Grundlast aufnehmen.

[0018] In der DE 100 27 803 (Abb. 2) wird vorgeschlagen, die Leistungsspitzen eines elektrischen oder elektronischen Bauteiles mit Hilfe von Phasenwechselmaterialien (PCM) zu puffern, wobei die Vorrichtung zum Kühlen von Wärme erzeugenden elektrischen und elektronischen Bauteilen (2) mit ungleichmäßigem Leistungsprofil im wesentlichen aus einer Wärme leitenden Einheit (1) und einer Wärme aufnehmenden Einheit (4), welche ein Phasenwechselmaterial (PCM) enthält, besteht.

[0019] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Wärme erzeugende Bauteile effektiv zu kühlen und Temperaturspitzen abzufangen.

[0020] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung zum Kühlen von Wärme erzeugenden Bauteilen mit ungleichmäßigem Leistungsprofil, bestehend im wesentlichen aus einer Wärme abführenden Einheit (1) und einer Wärme aufnehmenden Einheit (4), welche mindestens ein Phasenwechselmaterial (PCM) gemäß dem Hauptanspruch enthält.

[0021] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das mindestens eine PCM derart in der Kühlvorrichtung angeordnet ist, dass seine Phasenwechseltemperatur ( $T_{PC}$ ) der Umgebungstemperatur in der Kühlvorrichtung entspricht, die gemäß dem Temperaturgradienten bei der zu puffernden Temperatur der Wärme erzeugenden Einheit (2) vorliegt.

[0022] Bevorzugt zeichnet sich die Erfindung dadurch aus, dass sie mindestens zwei PCM mit unterschiedlichen Phasenwechseltemperaturen ( $T_{PC}$ ) besitzt. Die PCM sind derart zueinander angeordnet, dass sich jeweils das PCM mit der höheren  $T_{PC}$  im wärmeren Bereich der Kühlvorrichtung befindet. Die  $T_{PC}$  liegen jeweils unterhalb der kritischen Maximaltemperatur des Wärme erzeugenden Bauteiles (2), bei der eine Überhitzung dieses Bauteiles auftreten würde. Die kritische Maximaltemperatur ist die Temperatur des Wärme erzeugenden Bauteiles, die nicht überschritten werden darf.

[0023] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind insbesondere Vorrichtungen zur Kühlung elektrischer und elektronischer Bauteile, die ein ungleichmäßiges Leistungsprofil aufweisen, wie beispielsweise Speicherchips oder Mikroprozessoren (MPU = micro processing unit) in Desktop und Laptop Computern sowohl auf Motherboard als auch Grafikkarte, Netzteilen und anderen elektronischen Bauelementen, die während des Betriebes Wärme abgeben.

[0024] Diese Arten der Kühlung mit Hilfe von PCM zum Abfangen von Wärmespitzen sind jedoch nicht auf die Anwendung in Computern beschränkt. Die erfindungsgemäßen Systeme können Anwendung finden in allen Vorrichtungen, die Leistungsschwankungen aufweisen und in denen Wärmespitzen abgefangen werden sollen, weil aufgrund von Überhitzung mögliche Defekte auftreten können. Die Allgemeinheit nicht einschränkende Beispiele hierfür sind Leistungsschaltungen und Leistungsschaltkreise für die Mobilkommunikation, Sendeschaltungen für Mobiltelefone und feste Transmitter, Steuerschaltungen für elektromechanische Stellglieder in der Industrielektronik und in Kraftfahrzeugen, Hochfrequenzschaltungen für die Satellitenkommunikation und Radar-Anwendungen, Einplatinenrechner sowie für Stellglieder und Steuergeräte für Hausgeräte und Industrielektronik. Weiterhin können die erfindungsgemäßen Kühlvorrichtungen auch Anwendung finden z. B. in Motoren für Aufzüge, Umspannwerken oder Verbrennungsmotoren.

[0025] Erfindungsgemäße Vorrichtungen zur Kühlung sind beispielsweise Kühler. Konventionelle Kühler können durch den Einsatz von PCM verbessert werden.

[0026] Der Wärmestrom vom Wärme erzeugenden Bauteil zum Kühler sollte hierfür nicht unterbrochen werden, d. h. der Wärmestrom sollte zuerst durch die Wärme abführende Einheit, z. B. den Kühler, und nicht zum PCM stattfinden. Eine Unterbrechung in diesem Sinne läge dann vor, wenn die PCM aufgrund der Bauart des Kühlers zunächst die Wärme aufnehmen müssten, bevor die Wärme über die Kühlrippen abgeführt werden könnte – was zu einer Verschlechterung der Leistung des Kühlers bei gegebener Bauart führen würde.

[0027] Um zu gewährleisten, dass die PCM nur die Leistungsspitzen aufnehmen, sind die PCM daher bevorzugt so in oder an der Kühlvorrichtung angeordnet, dass die klassische Kühlleistung der Wärme abführenden Einheit möglichst nicht beeinträchtigt wird und dass ein signifikanter Wärmestrom zum PCM erst dann stattfindet, wenn die Wärme abführende Einheit die Phasenwechseltemperatur  $T_{PC}$  des jeweiligen PCM überschreitet. Vor diesem Zeitpunkt strömt nur eine so geringe Menge Wärme ins PCM, wie sie bei normaler Temperaturerhöhung der Umgebung aufgenommen wird. Wird jedoch  $T_{PC}$  erreicht, so erfolgt weiterhin Kühlung (d. h. Abführung der Wärme) durch die Wärme abführende Einheit und zusätzlich findet ein erhöhter Wärmestrom zum PCM statt.

[0028] Bei Erreichen der kritischen Maximaltemperatur des Wärme erzeugenden Bauteiles weist die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung einen definierten Temperaturgradienten zwischen der Wärme erzeugenden Einheit und dem entgegen gesetzten Ende der Wärme abführenden Einheit auf. Es wurde gefunden, dass PCM besonders geeignet sind, deren Phasenwechseltemperaturen  $T_{PC}$  in geeigneter Weise unterhalb der für die Wärme erzeugende Einheit kritischen Maximaltemperatur liegen. Vorzugsweise sind die erfindungsgemäß verwendeten PCM daher derart ausgewählt und in der Kühlvorrichtung angeordnet, dass ihre  $T_{PC}$  möglichst genau auf diesen definierten kritischen Temperaturgradienten abgestimmt sind, d. h. dass die Phasenwechsel nahezu zeitgleich und/oder kurz unterhalb dieses Temperaturgradienten erfolgen.

[0029] Beispielsweise treten in handelsüblichen Kühler mit Gebläse für CPUs von Desktopcomputern erhebliche Temperaturgradienten auf, die von der Grenzfläche CPU/Kühler bis zum unteren Ende der Kühlrippen 20 bis 40°C betragen können. Geeignete  $T_{PC}$  für das PCM, welches sich der Wärme erzeugenden Einheit am nächsten befindet, liegen zum Beispiel im Falle von Mikroprozessoren etwa 10 bis 15°C unterhalb der für das Wärme erzeugende Bauteil kritischen Maximaltemperatur. Die weiter entfernt angeordneten PCM weisen entsprechend niedrigere  $T_{PC}$  auf. Aufgrund des Temperaturgradienten in der Kühlvorrichtung werden in der erfindungsgemäßen Anordnung mit mindestens zwei PCM die unterschiedlichen  $T_{PC}$  dann bevorzugt annähernd gleichzeitig erreicht, so dass die Leistungssteigerung der Kühlvorrichtung deutlich vergrößert wird und ein "Booster"-Effekt der PCMs auffällig in Erscheinung tritt.

[0030] Vorteilhafterweise sollte des weiteren der signifikante Wärmefluss zum PCM erst bei möglichst hohen Temperaturen einsetzen. Auf diese Weise arbeitet die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung bis fast zu ihrem kritischen Maximaltemperaturgradienten weitestgehend herkömmlich und es wird so eine maximale klassische Kühlleistung gewährleistet.

Erst bei Erreichen der  $T_{PC}$  wird die Kühlleistung durch die Wärmeaufnahme der PCM ergänzt. Die Leistung der Kühlvorrichtung steigt hierdurch sprunghaft an und ein "Booster"-Effekt der PCM tritt auffällig in Erscheinung. Damit wird erreicht, dass das Wärme erzeugende Bauteil nicht überhitzt wird.

[0031] Durch den Einsatz von PCM in der erfindungsgemäßen Weise können Kühlvorrichtungen mit geringerer Kühlleistung verwendet werden, da die extremen Wärmespitzen nicht abgeführt werden müssen, sondern gepuffert werden.

[0032] In Abhängigkeit von der durch das Wärme erzeugende Bauteil bestimmten kritischen Maximaltemperatur sind alle bekannten PCM für die erfindungsgemäße Vorrichtung geeignet. Für den Einsatz der PCM sind verkapselte Materialien, fest-fest PCM, PCM in Matrices, fest-flüssig PCM in Hohlräumen oder eine Mischung der genannten Formen geeignet. Als Matrix für fest-fest oder fest-flüssig PCM sind dabei insbesondere Polymere, Graphit, z. B. expandierter Graphit (z. B. Sigri λ von SGI), oder poröse anorganische Stoffe wie z. B. Kieselgel und Zeolithe, geeignet. Vorzugsweise ist wenigstens ein erfindungsgemäß verwendetes PCM ein fest/fest PCM.

[0033] Für die erfindungsgemäße Vorrichtung stehen verschiedene PCM zur Verfügung. Grundsätzlich können PCM verwendet werden, deren Phasenwechseltemperatur zwischen  $-100^{\circ}\text{C}$  und  $150^{\circ}\text{C}$  liegen. Für die Anwendung in elektrischen und elektronischen Bauteilen sind PCM im Bereich von Umgebungstemperatur bis  $95^{\circ}\text{C}$  bevorzugt. Dabei können die Materialien ausgewählt sein aus der Gruppe der Paraffine ( $\text{C}_{20}\text{-C}_{45}$ ), anorganischen Salze, Salzhydrate und deren Gemische, Carbonsäuren oder Zuckeralkohole. Eine nicht einschränkende Auswahl ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1

Material	Schmelzpunkt [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Schmelz-enthalpie [J/g]	Gruppe
Heneicosan	40	213	Paraffine
Docosan	44	252	Paraffine
Tricosan	48	234	Paraffine
Natriumthiosulfat Pentahydrat	48	210	Salzhydrate
Myristinsäure	52	190	Carbonsäuren
Tetracosan	53	255	Paraffine
Hexacosan	56	250	Paraffine
Natriumacetat Trihydrat	58	265	Salzhydrate
Nonacosan	63	239	Paraffine
Natriumhydroxid Monohydrat	64	272	Salzhydrate
Stearinsäure	69	200	Carbonsäuren
Gemisch aus Lithiumnitrat, Magnesiumnitrat Hexahydrat	75	180	Salzhydrate
Trinatriumphosphat Dodecahydrat	75	216	Salzhydrate
Magnesiumnitrat Hexahydrat	89	160	Salzhydrate
Xylit	93-95	270	Zuckeralkohole

[0034] Des Weiteren sind z. B. fest-fest PCM ausgewählt aus der Gruppe der Di-n-alkylammonium-Salze, gegebenenfalls mit verschiedenen Alkylgruppen, sowie deren Mischungen geeignet.

[0035] Für die Anwendung in elektrischen und elektronischen Bauteilen sind PCM besonders geeignet, deren  $T_{PC}$  zwischen der Umgebungstemperatur und  $95^{\circ}\text{C}$  liegt, wie z. B. Diehylammoniumbromid, Dioctylammoniumbromid, Dioctylammoniumchlorid, Dioctylammoniumacetat, Dioctylammoniumnitrat, Dioctylammoniumformiat, Didecylammoniumchlorid, Didecylammoniumchlorat, Didodecylammoniumchlorat, Didodecylammoniumformiat, Didodecylammoniumbromid, Didodecylammoniumnitrat, Didodecylammoniumacetat, Didodecylammoniumnitrat, Didodecylammoniumsulfat, Didodecylammoniumchlorid, Dibutylammonium-2-nitrobenzoat, Didodecylammoniumpropionat, Didodecylammoniumformiat, Didodecylammoniumnitrat und Didodecylammoniumbromid.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform enthalten die PCM neben dem eigentlichen Wärmespeicherungsmaterial mindestens ein Hilfsmittel. Das Wärmespeicherungsmaterial und das mindestens eine Hilfsmittel liegen in Mischung, vorzugsweise in inniger Mischung, vor.

[0037] Bei dem Hilfsmittel handelt es sich vorzugsweise um eine Substanz oder Zubereitung mit guter thermischer Leitfähigkeit, insbesondere um ein Metallpulver oder -granulat (z. B. Aluminium, Kupfer) oder Graphit. Diese Hilfsmittel

tel gewährleisten eine gute Wärmeübertragung.

[0038] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann das mindestens eine Hilfsmittel das neben dem eigentlichen Wärmespeicherungsmaterial im PCM enthalten ist, ein Bindemittel, insbesondere ein polymerer Binder sein. Dabei liegen die Partikel des Wärmespeicherungsmaterials vorzugsweise in feiner Verteilung in dem Bindemittel vor. Derartige Bindemittel werden insbesondere dann eingesetzt, wenn das PCM in Form gehalten werden soll. Daneben stellen die Bindemittel bei der Anwendung einen innigen Kontakt, d. h. eine gute Benetzung, zwischen dem Mittel zur Speicherung von Wärme und der Oberfläche der Wärme abführenden Einheit her. Beispielsweise kann so der passgenaue Einbau von Latentwärmespeichern zur Kühlung elektronischer Bauteile erfolgen. Das Bindemittel verdrängt Luft an den Kontaktflächen und sorgt so für einen engen Kontakt zwischen Wärmespeichermaterial und Bauteil. Vorzugsweise finden derartige Mittel daher Verwendung in Vorrichtungen zur Kühlung von Elektronikbauteilen.

[0039] Erfindungsgemäßes polymeres Bindemittel kann jegliches Polymere sein, das sich dem Anwendungszweck entsprechend als Bindemittel eignet. Vorzugsweise ist das polymere Bindemittel dabei ein härtbares Polymer oder eine Polymervorstufe, insbesondere ausgewählt aus der Gruppe, die aus Polyurethanen, Nitrikautschuk, Chloropren, Polyvinylchlorid, Siliconen, Ethylen-Vinylacetat-Copolymeren und Polyacrylaten besteht. Besonders bevorzugt wird Silicon als polymeres Bindemittel verwendet. Wie die geeignete Einarbeitung der Wärmespeicherungsmaterialen in diese polymeren Bindemittel erfolgt, ist dem Fachmann auf diesem Gebiet wohl bekannt. Es bereitet ihm keine Schwierigkeiten gegebenenfalls die nötigen Zusatzstoffe, wie beispielsweise Additive zu finden, die eine solche Mischung stabilisieren.

[0040] Für anorganische flüssig-fest PCM werden vorzugsweise zusätzlich Keimbildner, wie z. B. Borax oder verschiedene Metalloxide, eingesetzt.

[0041] Das gesamte Material, d. h. das PCM und gegebenenfalls die Hilfsmittel, liegt vorzugsweise entweder als lose Schüttung oder als Formkörper vor. Unter Formkörpern werden dabei insbesondere alle Gebilde verstanden, die sich durch Kompaktierungsmethoden, wie z. B. Pelletierung, Tablettierung, Walzenkompaktierung oder Extrusion, herstellen lassen. Dabei können die Formkörper die verschiedensten Raumformen, wie beispielsweise Kugel-, Würfel- oder Quaderform, annehmen.

[0042] Das PCM kann zur Formgebung in reiner Form verpresst werden, nach dem Zerkleinern (z. B. Mahlen) gepresst werden; oder in Mischungen mit den Hilfsmitteln verpresst werden. Die Presslinge können problemlos gelagert, transportiert und vielseitig eingesetzt werden. So können die Presslinge beispielsweise direkt in elektronische Bauteile eingesetzt werden. Die Presslinge werden zwischen den Kühlrippen so eingebaut, dass sie in innigem Kontakt mit den Flächen der Kühlrippen stehen. Die Dicke der Presslinge wird so gewählt, dass zwischen Rippen und Pressling eine kraftschlüssige Verbindung entsteht. Die Presslinge können auch zwischen Kühlrippen/Wärmetauscher eingesetzt werden, bevor diese zu einem Stack verbunden werden.

[0043] Bevorzugt sind weiterhin erfindungsgemäße Kühlvorrichtungen, deren Wärme abführende Einheit (1) Oberflächen vergrößernde Strukturen aufweist. Besonders bevorzugt weist die Wärme abführende Einheit (1) Kühlrippen auf. Derartige Strukturen wirken sich positiv auf die konventionelle Kühlleistung aus, so dass die Kühlleistung der erfindungsgemäßen Vorrichtung insgesamt effektiver ist. Vorzugsweise hat die Wärme abführende Einheit (1) ferner zur Unterstützung der Kühlleistung ein Gebläse auf der der Wärme erzeugenden Einheit (2) entgegengesetzten Seite.

[0044] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Bauteil (Z), welches im wesentlichen aus einer erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung und einer Wärme erzeugenden Einheit (2) besteht. Dabei sind Wärme abführende und Wärme aufnehmende Einheit (1) und (4) sowie die Einheit (2) derart zueinander angeordnet, dass der Wärmefluss zwischen dem Wärme erzeugenden Bauteil (2) und der Wärme abführenden Einheit (1) im direkten Kontakt erfolgt.

[0045] Bevorzugt ist die Wärme erzeugende Einheit (2) ein elektrisches oder elektronisches Bauteil, besonders bevorzugt eine MPU (micro processing unit), insbesondere eine CPU (central processing unit), oder ein Speicherchip eines Computers.

[0046] Nachfolgend wird die erfindungsgemäße Vorrichtung an einem allgemeinen Beispiel zur Kühlung von CPUs für Computer näher erläutert.

[0047] In der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Abb. 3) werden die PCM (4a + 4b) so im oder am Kühler (1) angeordnet, dass der Wärmestrom zuerst durch den Kühler und anschließend durch die PCM fließt, d. h. ein signifikanter Wärmestrom von der CPU (2) auf dem Träger (3) zu den PCM (4a, 4b) findet erst dann statt, wenn die entsprechenden Kühlbereiche die Phasenwechseltemperatur  $T_{PC}$  des benachbarten PCM überschreiten. Damit wird gewährleistet, dass die PCM nur die Leistungsspitzen aufnehmen. In leistungsfähigen Rechnern werden am Fuß des Kühlers Temperaturen von 60–90°C (T1) erreicht. Die Kühlrippen weisen einen deutlichen Temperaturgradienten auf, wobei die Temperatur in dem weiter von der CPU entfernten Bereich (T3) unter derjenigen in der Nähe der CPU liegt (T2). Aufgrund leistungsfähiger Gebläse am entgegengesetzten Ende erreichen sie hier nur Temperaturen von  $T3 = 40\text{--}50^\circ\text{C}$  und  $T2 = 50\text{--}70^\circ\text{C}$ .

[0048] Passt man die Phasenwechseltemperatur von PCM1 (4a) an die Temperatur, die gemäß dem Temperaturgradienten bei der kritischen Maximaltemperatur der CPU im Kühler in der Nähe der CPU ( $T_{2\max}$ ) vorliegt, und die von PCM2 (4b) entsprechend an den weiter entfernten Bereich des Kühlers an ( $T_{3\max}$ ) an, so tritt der Phasenwechsel beider Materialien nahezu gleichzeitig und bei Erreichen bzw. kurz unterhalb der kritischen Maximaltemperatur der CPU ( $T_{1\max}$ ) ein, d. h. die unterstützende Wirkung der PCM setzt besonders effizient ein. Je später die Wärmespeicherwirkung der PCM eingesetzt, d. h. je höher die Kühltemperatur sein kann, umso höher ist dabei die konventionelle und damit auch die gesamte Kühlleistung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0049] Die Entladung des PCM wird auf diese Weise ebenfalls effizienter, da beim Abkühlen des Kühlers das gesamte Phasenwechselmaterial nahezu gleichzeitig entladen wird. Eine höhere konventionelle Kühlleistung führt dabei zu einer schnelleren Entladung der PCM.

Tabelle 2

## Erklärung der Bezeichnungen in den Abbildungen

Bezeichnung	Erklärung
1	Kühlrippen
2	central processing unit (CPU)
3	Träger
4, 4a, 4b	Phasenwechselmaterial bzw. -materialien (PCM)
Z	gesamtes Bauteil
T1	Temperatur in der Nähe der CPU
T2	Temperatur der Kühlrippen im mittleren Bereich
T3	Temperatur der Kühlrippen im zur CPU entfernten Bereich

## Beispiel

40 [0050] Für einen Prozessor, dessen Maximallleitung 90 W beträgt, wird ein Kühler gemäß Abb. 3 konzipiert, der bei 30°C Umgebungstemperatur eine Kühlerleistung von 0,61 K/W hat. Ausgehend von einer maximalen Betriebstemperatur  $T_{1,\max}$  von 85°C betragen die Temperaturen in der Mitte und im oberen Teil der Kühlrippen  $T_{2,\max}$  65°C und  $T_{3,\max}$  45°C. Als Phasenwechselmaterialien werden Didodecylammoniumchlorid (PCM1) mit einer  $T_{PC}$  von 65°C und Didecylammoniumchlorid (PCM2) mit einer  $T_{PC}$  von 49°C verwendet.

45 [0051] Mit geeigneten PCM können die Kühler durch Verwendung von mehr als zwei PCM noch feiner auf den Temperaturgradienten abgestimmt werden.

## Patentansprüche

50 1. Vorrichtung zum Kühlen von Wärme erzeugenden Bauteilen, bestehend im wesentlichen aus einer Wärme abführenden Einheit (1) und einer Wärme aufnehmenden Einheit (4), welche mindestens ein Phasenwechselmaterial (PCM) mit einer Phasenwechseltemperatur ( $T_{PC}$ ) enthält, wobei das PCM entsprechend seiner  $T_{PC}$  gemäß dem Temperaturgradienten in der Kühlvorrichtung angeordnet ist.

55 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme aufnehmenden Einheit (4) mindestens zwei PCM mit unterschiedlicher  $T_{PC}$  enthält, wobei die PCM entsprechend ihrer  $T_{PC}$  gemäß dem Temperaturgradienten in der Kühlvorrichtung zueinander angeordnet sind.

60 3. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  $T_{PC}$  jeweils unterhalb der kritischen Maximaltemperatur des Wärme erzeugenden Bauteiles (2) liegen.

65 4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die PCM derart angeordnet sind, dass ihre Phasenwechsel nahezu zeitgleich und/oder kurz unterhalb der Temperatur erfolgen, die gemäß dem Temperaturgradienten in der Kühlvorrichtung der kritischen Maximaltemperatur des Wärme erzeugenden Bauteiles (2) entspricht.

5. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die PCM derart angeordnet sind, dass der Wärmestrom vom Wärme erzeugenden Bauteil zu der Wärme abführenden Einheit (1) nicht unterbrochen wird und ein signifikanter Wärmestrom zum PCM erst dann stattfindet, wenn die Temperatur der Wärme abführenden Einheit (1) die Phasenwechseltemperatur  $T_{PC}$  des PCM überschreitet.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die PCM enthaltende Einheit (4) aus einem oder mehreren Hohlräumen besteht, in welchen die PCM eingebracht sind, wobei

# DE 101 57 671 A 1

sich die Hohlräume in der Wärme abführenden Einheit (1) befinden.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein PCM ein fest/fest PCM ist.

8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein PCM verkapselt ist.

9. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein PCM mit einem oder mehreren Hilfsmitteln versehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Hilfsmittel eine Substanz mit guter thermischer Leitfähigkeit, insbesondere ein Metallpulver, ein Metallgranulat oder Graphit, und/oder ein Bindemittel, insbesondere ein polymeres Bindemittel, ist.

11. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das PCM und ggf die Hilfsmittel in verpresster Form vorliegt.

12. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme abführende Einheit (1) Oberflächen vergrößernde Strukturen, insbesondere Kühlrippen, aufweist.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme abführende Einheit (1) zur zusätzlichen Kühlung ein Gebläse aufweist.

14. Bauteil (Z), bestehend im wesentlichen aus einer Kühlvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 und einem Wärme erzeugenden Bauteil (2), wobei die beiden baulichen Einheiten (1) und (4) sowie das Bauteil (2) derart zueinander angeordnet sind, dass der Wärmefluss zwischen dem Wärme erzeugenden Bauteil (2) und der Wärme abführenden Einheit (1) im direkten Kontakt erfolgt.

15. Bauteil (Z) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (2) ein elektrisches oder elektronisches Bauteil, insbesondere eine MPU (micro processing unit) oder ein Speicherchip eines Computers, ist.

16. Computer, enthaltend ein Bauteil gemäß Anspruch 14 oder 15.

17. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 13 oder eines Bauteils gemäß Anspruch 12 oder 13 in Computern und elektronischen Datenverarbeitungssystemen.

18. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 13 oder eines Bauteils gemäß Anspruch 14 oder 15 in Leistungsschaltungen und Leistungsschaltkreisen für die Mobilkommunikation, Sendeschaltungen für Handys und feste Transmitter, Steuerschaltungen für elektromechanische Stellglieder in der Industrielektronik und in Kraftfahrzeugen, Hochfrequenzschaltungen für die Satellitenkommunikation und Radar-Anwendungen, Einplatinenrechner sowie für Stellglieder und Steuergeräte für Hausgeräte und Industrielektronik.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

Abbildung 1

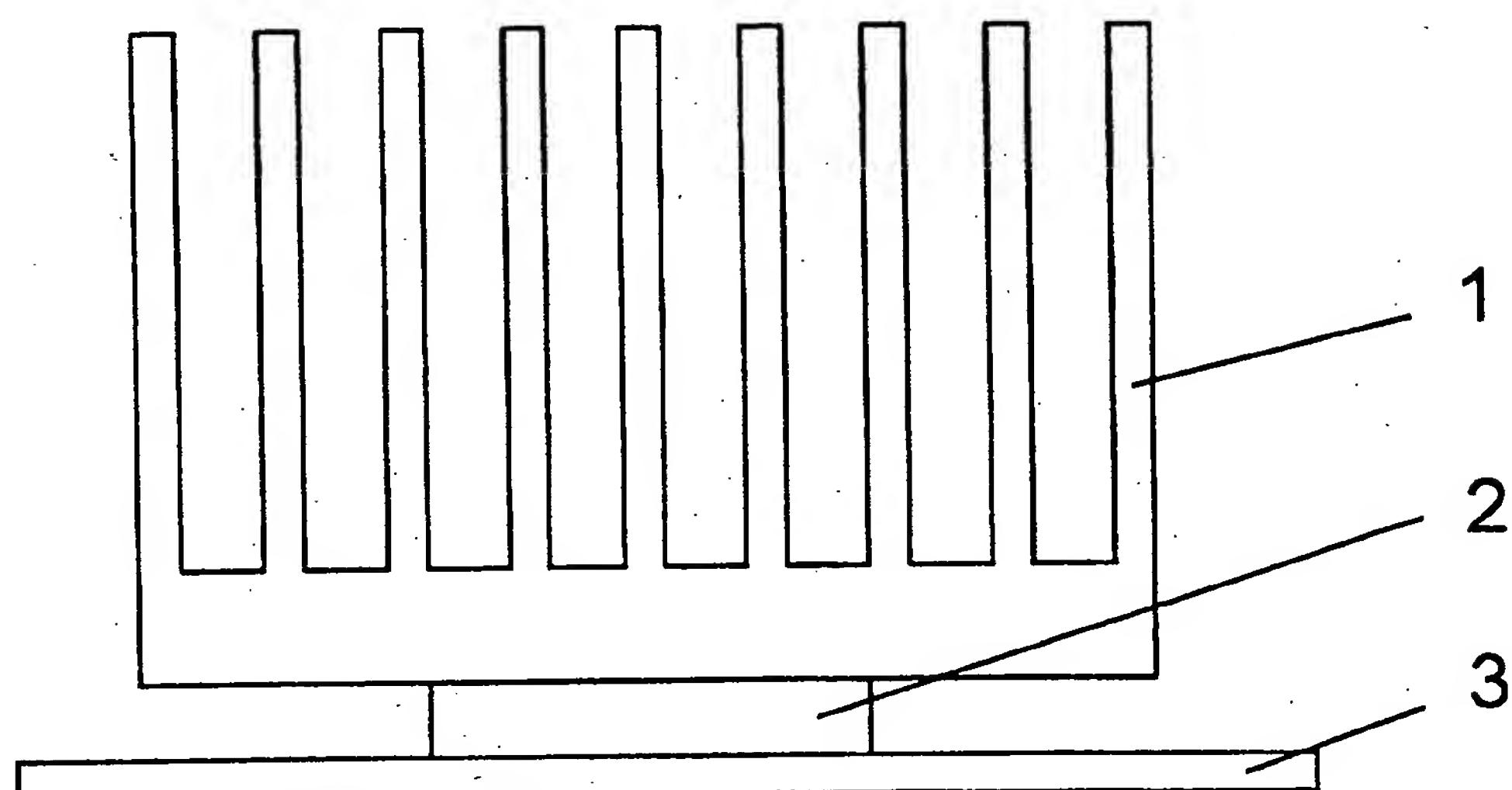


Abbildung 2

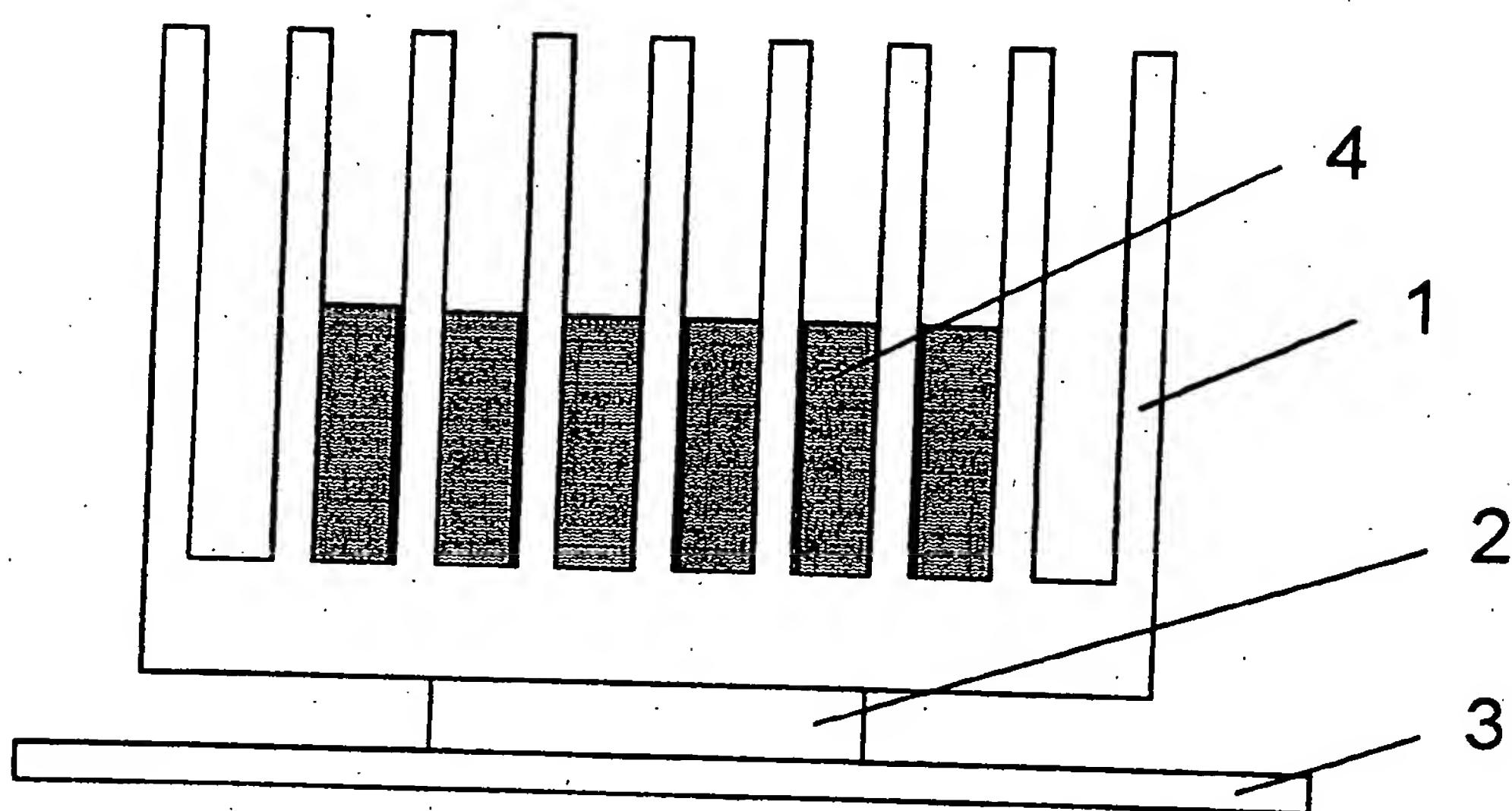
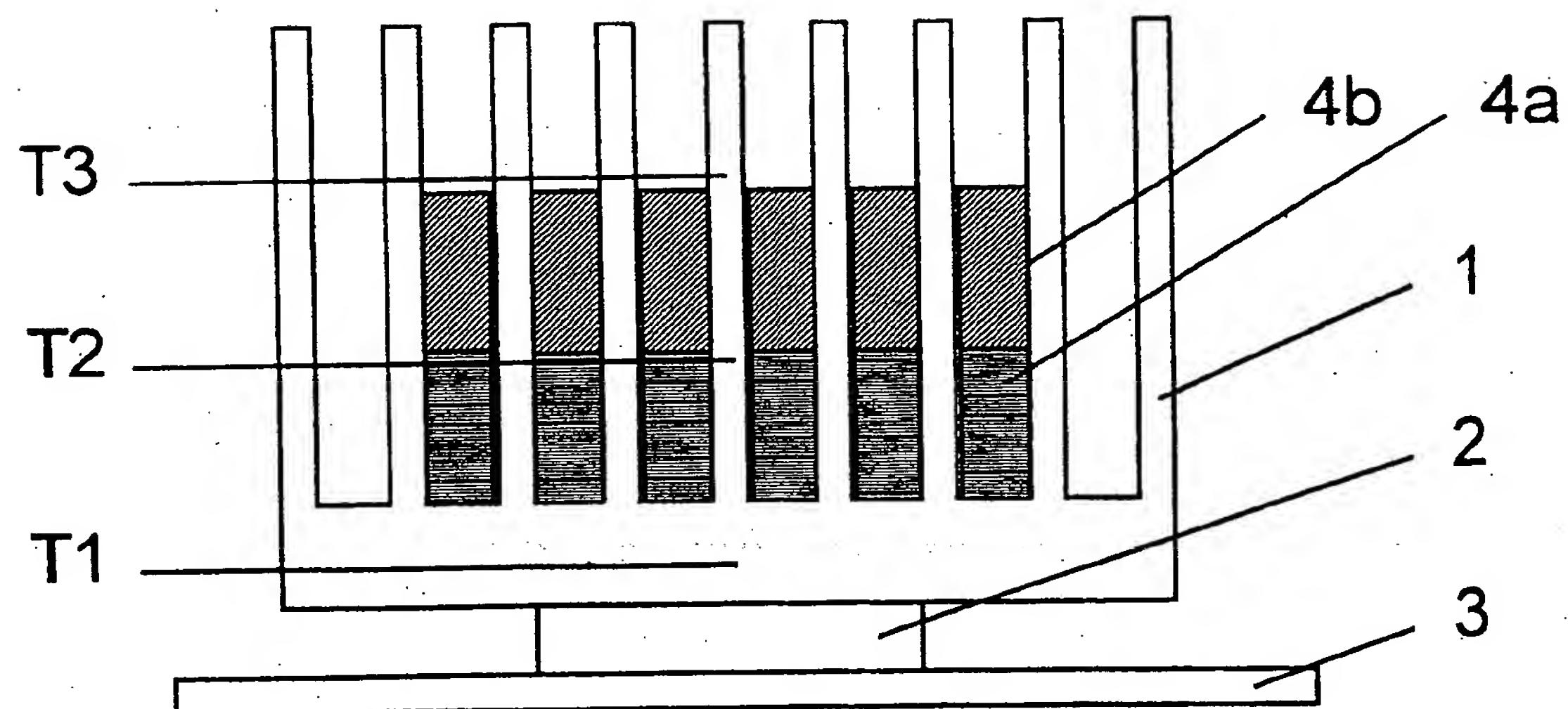


Abbildung 3



**No English title available.**

Patent Number: DE10157671  
Publication date: 2003-06-05  
Inventor(s): LOTZ NATASCHA (DE); GLAUSCH RALF (DE); NEUSCHUETZ MARK (DE)  
Applicant(s): MERCK PATENT GMBH (DE)  
Requested Patent:  DE10157671  
Application Number: DE20011057671 20011124  
Priority Number(s): DE20011057671 20011124  
IPC Classification: F25D9/00; H01L23/427; H05K7/20  
EC Classification: H01L23/427S  
Equivalents: CA2468065,  EP1446833 (WO03046982),  WO03046982

---

**Abstract**

---

The invention relates to the application of phase change materials in devices for cooling, in particular of electrical and electronic components.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

DOCKET NO: SGC 02/24

SERIAL NO: 10/695,367

APPLICANT: Öttinger et al.

LEHNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**